



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   3 月   7 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 0 6 1 7 8 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 3 - 0 6 1 7 8 1 ]

出   願   人      セイコーエプソン株式会社  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 6 4 8 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 J0096131

【提出日】 平成15年 3月 7日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06M 7/00  
A61B 5/245  
G04G 1/00 315

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 青島 一郎

【発明者】

【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

【氏名】 川船 豊

【特許出願人】

【識別番号】 000002369

【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100091823

【弁理士】

【氏名又は名称】 櫛渕 昌之

【選任した代理人】

【識別番号】 100101775

【弁理士】

【氏名又は名称】 櫛渕 一江

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 044163

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 体動検出装置、ピッチ計および腕時計型情報処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 人体に装着されて前記人体の体動を検出する体動検出装置において、

前記人体への装着時に歩行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第 1 体動信号を出力する第 1 加速度センサと、

前記装着時に走行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第 2 体動信号を出力する第 2 加速度センサと、

前記第 1 体動信号および前記第 2 体動信号に基づいて体動成分を抽出する体動成分抽出部と、

を備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の体動検出装置において、

前記第 1 加速度センサは、前腕の軸方向と略垂直方向の加速度を検出可能な位置に設けられ、

前記第 2 加速度センサは、上腕に対して前記前腕を所定角度に曲げたと仮定した場合に肩と手首とを結ぶ直線と略垂直方向の加速度を検出可能な位置に設けられた、

ことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の体動検出装置において、

前記第 1 加速度センサは、腕の軸方向と略垂直方向に加速度の感度方向を有し、加速度を検出可能な位置に設けられ、

前記第 2 加速度センサは、前記第 1 加速度センサの感度方向と所定角度ずらした方向に加速度の感度方向を有し、加速度を検出可能な位置に設けられた、

ことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の体動検出装置において、

前記所定角度は、 $50^{\circ} \pm 15^{\circ}$  の範囲内に設定されることを特徴とする体動検出装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の体動検出装置に

において、

前記体動成分抽出部は、前記第 1 体動信号の周波数分析を行う第 1 周波数分析部と、

前記第 2 体動信号の周波数分析を行う第 2 周波数分析部と、

前記第 1 周波数分析部および前記第 2 周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、

を備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 6】 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の体動検出装置において、

前記体動成分抽出部は、前記第 1 体動信号と前記第 2 体動信号とを合成して合成体動信号を出力する合成部と、

前記合成体動信号の周波数分析を行う周波数分析部と、

前記周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、

を備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 7】 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の体動検出装置において、

前記体動成分抽出部は、前記第 1 体動信号を所定増幅率で増幅して増幅第 1 体動信号を出力する増幅部と、

前記増幅第 1 体動の周波数分析を行う第 1 周波数分析部と、

前記第 2 体動信号の周波数分析を行う第 2 周波数分析部と、

前記第 1 周波数分析部および前記第 2 周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、

を備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 8】 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の体動検出装置において、

前記体動成分抽出部は、実効的に前記第 1 体動信号および前記第 2 体動信号の最大振幅が略一致するように前処理を行った後、両体動信号を合成して合成体動信号を出力する前処理演算部と、

前記合成体動信号の周波数分析を行う周波数分析部と、

前記周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、

を備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 9】 請求項 5 ないし請求項 8 のいずれかに記載の体動検出装置と、

当該判別の結果に基づいて、パワーが最も高い信号に対してある比率以上のパワーを有する信号のうち、最も低周波数側の信号からピッチを求めるピッチ演算部と、

を備えたことを特徴とするピッチ計。

【請求項 10】 請求項 5 ないし請求項 8 のいずれかに記載の体動検出装置と、

当該判別の結果に基づいて、パワーが最も高い信号に対してある比率以上のパワーを有する信号のうち、最も低周波数側の信号からピッチを求めるピッチ演算部と、

を備えたことを特徴とする腕時計型情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、体動検出装置、ピッチ計および腕時計型情報処理装置に係り、特にユーザが歩行状態にあるかあるいは走行状態にあるかにかかわらず検出した体動信号から確実にピッチを求めるための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

ユーザの走行時あるいは歩行時に歩数を計測する歩数計においては、内蔵している加速度センサ（体動センサ）などによって体動信号を検出し、得られた体動信号を矩形波変換して、矩形波変換された体動信号から歩数を求めている。

具体的には、図 31 の上部に示す体動信号（アナログ信号）を増幅した後に、所定のしきい値 TH1 を用いて矩形波変換すると、図 31 の下部に示すパルス波

形を有するパルス信号 P S が得られる。

しかしながら、腕を伸ばして歩いた場合と、走ったり腕を曲げて歩いた場合では、出力信号の波形の特徴が異なるため、単純に矩形波変換しただけでは正確に歩数をカウントできないという問題がある。

そこで、パルス信号 P S のパルス数をカウントする際に、例えば、パルスを 1 発カウントする毎に一定期間のマスキング時間を設定することによって、パルスを 2 発単位でカウントし、カウント数を 2 倍して歩数を求め、検出精度を向上させる方法が提案されている（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】

実開平 2-612 号公報（実願昭 63-79116 号）

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来の歩数計では、マスキング時間内に必ず、1 回のパルスが含まれるようにしてパルスをカウントするようにマスキング時間を設定しなければ、カウント数を 2 倍して歩数を求めて検出精度を向上させることはできない。

従って、歩行速度もしくは走行速度（ピッチに比例）によってマスキング時間の設定を行う必要がある。

具体的には、ピッチが 81～159 回／分の場合は、マスキング時間を 0.75 秒に設定すれば、マスキング時間内に次の 1 パルスが含まれることとなり、上述の方法で正確に歩数を求めることができる。

しかしながら、ピッチが 80 回／分以下、あるいは、160 回／分以上の場合は、マスキング時間内に全くパルスが含まれないかあるいは複数のパルスが含まれることとなり、誤差の原因となっていた。

しかしながら、ピッチ波形のみで歩行状態であるか、あるいは、走行状態であるかを判別することは困難であり、誤判定しやすくなってしまうという不具合も生じる。

また、歩行状態であるか、あるいは、走行状態であるかをユーザによるマニュアル操作で行えば誤判定がなされることはないものの、使い勝手が悪くなってしまうという問題点が生じる。

また、上記従来の方法のように、矩形波変換を用いて歩数を算出する方法では、例えば、図32に示すように、ノイズが混入したり、動作方向とセンサの感度方向が不一致し、足の動きに応じてきれいに体動信号が出力されない場合には、ピッチの算出結果の誤差が大きくなってしまうという問題点があった。

より具体的には、本来カウントしたいポイント（図32中、矢印で示すタイミング）に対し、ノイズが混入したポイントEでは、パルスが誤ってカウントされてしまい、実際のピッチに対して算出したピッチが大きくなることとなる。逆に体動信号の信号レベルが、低いポイントNCでは、パルスがカウントされなくなり、実際のピッチに対してピッチが小さくなることとなる。

そこで、本発明の目的は、走行時および歩行時を区別することなく正確にピッチを計測できるとともに、ユーザの手間を低減することが可能なピッチ計、ピッチ計の制御方法、腕時計型情報機器、制御プログラムおよび記録媒体を提供することにある。

#### 【0004】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、人体に装着されて前記人体の体動を検出する体動検出装置は、前記人体への装着時に歩行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第1体動信号を出力する第1加速度センサと、前記装着時に走行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第2体動信号を出力する第2加速度センサと、前記第1加速度センサおよび前記第2加速度センサの出力信号に基づいて体動成分を抽出する体動成分抽出部と、を備えたことを特徴としている。

上記構成によれば、第1加速度センサは、人体への装着時に歩行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第1体動信号を体動成分抽出部に出力する。

第2加速度センサは、装着時に走行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第2体動信号を体動成分抽出部に出力する。

これらにより、体動成分抽出部は、第1体動信号および第2体動信号に基づいて体動成分を抽出する。



## 【0005】

この場合において、前記第1加速度センサは、前腕の軸方向と略垂直方向の加速度を検出可能な位置に設けられ、前記第2加速度センサは、上腕に対して前記前腕を所定角度に曲げたと仮定した場合に肩と手首とを結ぶ直線と略垂直方向の加速度を検出可能な位置に設けられるようにしてもよい。

また、前記第1加速度センサは、腕の軸方向と略垂直方向に加速度の感度方向を有し、加速度を検出可能な位置に設けられ、前記第2加速度センサは、前記第1加速度センサの感度方向と所定角度ずらした方向に加速度の感度方向を有し、加速度を検出可能な位置に設けられるようにしてもよい。

さらに、前記所定角度は、 $50^{\circ} \pm 15^{\circ}$  の範囲内に設定されるようにしてもよい。

## 【0006】

さらにまた、前記体動成分抽出部は、前記第1体動信号の周波数分析を行う第1周波数分析部と、前記第2体動信号の周波数分析を行う第2周波数分析部と、

前記第1周波数分析部および前記第2周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、を備えるようにしてもよい。

また、前記体動成分抽出部は、前記第1体動信号と前記第2体動信号とを合成して合成体動信号を出力する合成部と、前記合成体動信号の周波数分析を行う周波数分析部と、前記周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、を備えるようにしてもよい。

## 【0007】

さらに、前記体動成分抽出部は、前記第1体動信号を所定増幅率で増幅して増幅第1体動信号を出力する増幅部と、前記増幅第1体動の周波数分析を行う第1周波数分析部と、前記第2体動信号の周波数分析を行う第2周波数分析部と、

前記第1周波数分析部および前記第2周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、を備えるようにしてもよい。

## 【0008】

さらにまた、前記体動成分抽出部は、実効的に前記第1体動信号および前記第2体動信号の最大振幅が略一致するように前処理を行った後、両体動信号を合成して合成体動信号を出力する前処理演算部と、前記合成体動信号の周波数分析を行う周波数分析部と、前記周波数分析部における周波数分析の結果に基づいて体動成分を抽出するための基準波を特定する基準波特定部と、を備えるようにしてもよい。

また、ピッチ計あるいは腕時計型情報処理装置は、上記いずれかの体動検出装置と、当該判別の結果に基づいて、パワーが最も高い信号に対してある比率以上のパワーを有する信号のうち、最も低周波数側の信号からピッチを求めるピッチ演算部と、を備えたことを特徴としている。

## 【0009】

## 【発明の実施の形態】

次に本発明の好適な実施の形態について図面を参照して説明する。

## 〔1〕 第1実施形態

第1実施形態の詳細な説明に先立ち、体動成分を検出するための加速度センサの配置原理について説明する。

まず、図1を参照して、ピッチ検出時の加速度センサの出力信号のFFT分析結果について説明する。

歩行、走行時の加速度センサの出力信号は、FFT分析を行うと、図1に示すようなスペクトルを有しており、通常、腕振りの往復成分（往復で1回とカウント）を基本波（第1高調波、周波数 $f$ ；図中、1波と示す。）とし、基本波の2倍の周波数成分である第2高調波（ピッチに相当；図中、2波と示す。）、基本波の3倍の周波数成分である第3高調波（図中、3波と示す。）、基本波の4倍の周波数成分である第4高調波（図中、4波と示す。）として高レベルの線スペクトルが現れる。

そこで、本実施形態では、これらの線スペクトルからピッチを求めるにあたって、歩行時の線スペクトルと走行時のスペクトルとの違いに関わらず、それぞれの場合に適した演算を行うべく、歩行時および走行時に対応する二つの加速度セ

ンサを配置しているのである。

図2は第1加速度センサおよび第2加速度センサの配置例の説明図である。

本第1実施形態では加速度センサを二つ用いており、一方の加速度センサである第1加速度センサAは、主として歩行時の体動成分を検出する。また、他方の加速度センサである第2加速度センサBは、主として走行時の体動成分を検出するものである。

第1加速度センサAは、図2に示すように、腕の軸方向に略垂直な方向に感度方向が設定されており、腕時計型の装置の場合、12時方向および6時方向に感度方向が設定されている。

#### 【0010】

また、第2加速度センサBは、図2に示すように、感度方向に略垂直な直線と腕の軸方向とが角度 $\theta$ をなすように配置されている。従って、第2加速度センサBの感度方向は第1加速度センサBの感度方向と角度 $\theta$ をなすように配置されていることとなる。ここで、角度 $\theta$ は、 $50^{\circ} \pm 15^{\circ}$ 程度に設定されるが、この角度 $\theta$ の設定方法については後に詳述する。

次に図3乃至図10を参照して、二つの加速度センサA、Bの配置を設定するための原理について説明する。

図3は感度方向を腕の軸方向と略垂直方向として配置した場合の加速度センサの配置説明図である。また、図4は、感度方向を腕の軸方向と略垂直方向として加速度センサを配置した場合の動作状態説明図である。さらに図5は、図4の状態で加速度センサを動作させた場合の加速度センサの出力信号の説明図である。

#### 【0011】

図4に示すように、通常の歩行状態においては、腕をほぼ伸ばした状態で腕を振ることとなる。このとき、加速度センサは腕の軸方向に略垂直な方向に感度方向が設定されている。すなわち、腕時計型の装置の場合、12時方向および6時方向に感度方向が設定されることとなる。

このような感度方向の設定によれば、通常の歩行状態では、肩関節を支点として加速度センサが身体の前後方向に揺動され、加速度センサの出力信号は、図5に示すように、腕の一往復で1周期に相当する信号となる。

従って、図3の加速度センサの配置によれば、歩行時の体動成分の第1高調波を検出することができる。

図6は歩行時に加速度センサの感度方向を腕の軸方向と略同一方向とした場合の加速度センサの配置説明図である。また、図7は、感度方向を腕の軸方向と略同一方向とした場合の動作状態説明図である。さらに図8は、図7の状態で加速度センサを動作させた場合の加速度センサの出力信号の説明図である。

#### 【0012】

図7に示すように、通常の歩行状態においては、腕をほぼ伸ばした状態で腕を振ることとなる。このとき、加速度センサは、腕の軸方向と略一致させた方向に感度方向が設定されている。すなわち、腕時計型の装置の場合、9時方向および3時方向に感度方向が設定されることとなる。

このような感度方向の設定によれば、通常の歩行状態では、肩関節を支点として加速度センサが身体の前方向に揺動され、加速度センサの出力信号は、図8に示すように、腕の一往復で2周期に相当する信号となる。

従って、図6の加速度センサの配置によれば、歩行時の体動成分の第2高調波を検出することができる。

#### 【0013】

図9は腕を下に垂らした状態で足踏み動作を行った場合の加速度センサの出力信号波形である。

この場合には加速度センサの配置状態（向き）に関係なく、足の着地による手の動きを検出することとなり、1回の足踏み（左右一回づつ）でピークが2回検出される。従って、歩行時に足の動きで体動成分の第2高調波を検出することが可能となる。

以上の結果に基づき、歩行動作および加速度センサ配置と加速度出力の基本的な関係から第1高調波を検出するために加速度センサの感度方向が腕の回動方向の周方向になるように加速度センサを配置すればよいということがわかる。

そこで、本実施形態では、歩行時の腕の振り方に基づいて、図2に示したように、歩行時に第1高調波を検出するために腕の軸方向とは略直交する方向に感度方向を有するように第1加速度センサAを配置することとした。

さらに、走行時の腕の振り方に基づいて第1高調波を検出するために加速度センサの感度方向を走行時の腕の曲げ具合、実施形態では、上腕と前腕とのなす角度を略90°とした場合の肩関節と手首とを結ぶ直線の延在方向を軸方向とし、この軸方向とは略直交する方向に感度方向を有するように第2加速度センサBを配置することとした。

#### 【0014】

図10は、走行時の加速度センサの配置説明図である。

すなわち、図10に示すように、肩関節から肘関節までの長さ（≡上腕の長さ）をXとし、肘関節から手首（正確には加速度センサ）までの長さ（≡前腕の長さ）をYとした場合に、角度 $\theta$ が次式を満たすように第2加速度センサBを配置する。

$$\theta = \tan^{-1} (X/Y)$$

より理想的な配置としては、ユーザ毎の走行時における腕の曲げ具合に応じて肩関節（肩における腕の回転中心）と第2加速度センサBとを結ぶ直線に垂直な方向を当該第2加速度センサBの感度方向に設定するようにすればよい。

この結果、走行時に第2加速度センサBの感度方向が、走行時の腕（手首）の回転の周方向に沿って移動することとなる。

これらの結果、本実施形態では、歩行時あるいは走行時のいずれにおいても、第1高調波を必ず検出できるような加速度センサの配置となっているので、検出した第1高調波からピッチを算出している。

従って、歩行時あるいは走行時のいずれにおいても、第1高調波が検出されないことがなく、第1高調波と第2高調波の区別ができないことに起因して誤判定となってしまうのを回避できる。

#### 【0015】

次に具体的な実施形態について説明する。

図11は、腕時計型情報機器1の装置本体を示す平面図である。

図11において、装置本体10には、ユーザの腕に巻き付けて腕時計型情報機器1を着脱自在に装着するためのリストバンド12が設けられている。

装置本体10は、樹脂製の時計ケース11（本体ケース）を備えており、時計ケ

ース 11 の表面側には、現在時刻や日付に加えて、走行時や歩行時のピッチ、及び脈拍数などの脈波情報などを表示する EL バックライト付きの液晶表示装置 13 (表示装置) が設けられている。

液晶表示装置 13 には、表示面の左上側に位置する第 1 のセグメント表示領域 131、右上側に位置する第 2 のセグメント表示領域 132、右下側に位置する第 3 のセグメント表示領域 133 及び左下側に位置するドット表示領域 134 が構成されており、ドット表示領域 134 では、各種の情報をグラフィック表示可能である。

時計ケース 11 の内部には、ピッチを求めるための体動センサ 90 が内蔵されており、この体動センサ 90 としては、加速度センサなどを用いることができる。

また、時計ケース 11 の内部には、各種の制御やデータ処理を行う制御部 5 が設けられている。この制御部 5 は、体動センサ 90 による検出結果 (体動信号) に基づいてピッチを求め、液晶表示装置 13 に表示する。

#### 【0016】

この場合において、制御部 5 には、計時回路も構成されているため、通常時刻、ラップタイム、スプリットタイムなども液晶表示装置 13 に表示可能となっている。

また、時計ケース 11 の外周部には、時刻合わせや表示モードの切り換えなどの外部操作を行うためのボタンスイッチ 111 ~ 115 が構成されている。また、時計ケースの表面には、大きめのボタンスイッチ 116、117 が構成されている。

#### 【0017】

図 12 は第 1 実施形態のピッチ検出装置の概要構成ブロック図である。

ピッチ検出装置 400 は、大別すると、第 1 体動センサ 401、第 1 体動信号変換部 402、第 1 体動信号記憶部 403、第 1 体動信号演算部 404、第 2 体動センサ 405、第 2 体動信号変換部 406、第 2 体動信号記憶部 407、第 2 体動信号演算部 408、体動成分抽出部 409、ピッチ演算部 410 を備えている。

## 【0018】

第1体動センサ401は、上述した第1加速度センサAに相当するものである。

第1体動信号変換部402は、第1体動センサ401の出力信号を所定倍率で増幅する信号増幅部と、信号増幅部の出力信号のアナログ／デジタル変換を行って第1体動信号データとして第1体動信号記憶部403に出力するA／D変換部とを有している。

第1体動信号記憶部403は、入力された第1体動信号データを記憶する。

第1体動信号演算部404は、第1体動信号記憶部403から第1体動信号データを読み出し、高速フーリエ変換（FFT処理）により周波数分析を行って体動成分抽出部409に出力する。

第2体動センサ405は、上述した第2加速度センサBに相当するものである。

第2体動信号変換部406は、第2体動センサ405の出力信号を所定倍率で増幅する信号増幅部と、信号増幅部の出力信号のアナログ／デジタル変換を行って第2体動信号データとして第2体動信号記憶部407に出力するA／D変換部とを有している。

## 【0019】

第2体動信号記憶部407は、入力された第2体動信号データを記憶する。

第2体動信号演算部408は、第2体動信号記憶部407から第2体動信号データを読み出し、高速フーリエ変換（FFT処理）により周波数分析を行って体動成分抽出部409に出力する。

体動成分抽出部409は、入力された周波数分析結果のデータから体動成分に由来するデータを抽出してピッチ演算部410に出力する。

ピッチ演算部410は、入力された体動の周波数成分によりピッチを演算し、その結果を液晶表示装置414に表示させる。

この場合において、ピッチ演算部410は、大別すると、信号特定部411、信号判別部412およびピッチ算出部413を備えている。

信号特定部411は、パワーが最大の信号に対してある比率以上のパワーを有

する信号のうち、最も低周波数側の信号を第1高調波候補信号として特定する。

信号補正部412は、第1高調波候補信号の周波数および体動信号の強さに基づいて第1高調波を特定する。

ピッチ算出部413は、信号補正部412で（補正され）特定された第1高調波に基づいて、ピッチを算出する。

#### 【0020】

このように構成したピッチ演算部410において、体動成分抽出部409から出力されてくる信号は、図1に示したようなスペクトルを有しており、これらのスペクトルからピッチを求めるにあたって、ピッチ演算部410は、歩行時のスペクトルと走行時のスペクトルとの違いに関わらず、それぞれの場合に適した演算を行うことによってピッチを求めるようになっている。

#### 【0021】

次にピッチ検出の具体的な処理について説明する。

まず、歩行時の第1体動センサおよび第2体動センサの出力信号の周波数解析結果について説明する。

#### 【0022】

図13は腕振りが弱い場合の歩行時における第1体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

図14は腕振りが弱い場合の歩行時における第2体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

図13に示すように、第1体動センサの出力信号は、第2高調波（ピッチ相当）が第1高調波と比較して大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第1高調波も判定レベルを超えて検出される。

一方、図14に示すように、第2体動センサの出力信号は、第2高調波が第1高調波と比較してかなり大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第1高調波は判定レベル未満となる。

#### 【0023】

図15は足踏みが弱く腕振りが強い場合の歩行時における第1体動センサの出力信号の周波数解析結果である。



図 16 は足踏みが弱く腕振りが強い場合の歩行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

図 15 に示すように、第 1 体動センサの出力信号は、第 1 高調波（ピッチ相当）が第 2 高調波と比較してかなり大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 2 高調波は判定レベル未満となる。

一方、図 16 に示すように、第 2 体動センサの出力信号は、第 2 高調波が第 1 高調波と比較して大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 1 高調波も判定レベルを超えて検出されることとなる。

図 17 は腕振りが弱い場合の走行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。図 18 は、腕振りが弱い場合の走行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

図 17 に示すように、第 1 体動センサの出力信号は、第 2 高調波（ピッチ相当）が第 1 高調波と比較してかなり大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 1 高調波は判定レベル未満となる。

一方、図 18 に示すように、第 2 体動センサの出力信号は、第 2 高調波が第 1 高調波と比較して大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 1 高調波も判定レベルを超えて検出されることとなる。

図 19 は足踏みが弱く腕振りが強い場合の走行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。図 20 は足踏みが弱く腕振りが強い場合の第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

図 19 に示すように、第 1 体動センサの出力信号は、第 2 高調波が第 1 高調波と比較して大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 1 高調波も判定レベルを超えて検出されることとなる。

一方、図 20 に示すように、第 2 体動センサの出力信号は、第 1 高調波（ピッチ相当）が第 2 高調波と比較してかなり大きなレベルで判定レベルを超えて検出され、第 2 高調波は判定レベル未満となる。

#### 【0024】

次にピッチ算出処理について説明する。

図 21 は、第 1 実施形態のピッチ算出処理フローチャートである。

まず、ピッチ演算部 410 の信号特定部 411 は、体動成分抽出部 409 の出力信号に基づいて、パワーが最大の信号（最大基線）の高さ  $t_{\max}$  と周波数  $f_{\max}$  を求める（ステップ S1）。

次に信号特定部 411 は、パワーが最大の信号に対してある比率以上のパワー（高さ）を有する信号、具体的には、高さ  $t_{\max}$  の 25% 以上の高さを有する基線のうち、一番低い基線の周波数を求め第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  とする（ステップ S2）。

続いて信号特定部 411 は、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 120（回/分）より高い周波数を有しているか否かを判別する（ステップ S3）。

#### 【0025】

ステップ 3 の判別において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 120（回/分）より高い周波数である場合には（ステップ S3；Yes）、信号特定部 411 は、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  は、第 2 高調波の周波数であると判断できる。この結果、ピッチは第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  に等しいとし処理を終了する（ステップ S7）。この場合において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 120（回/分）より高い周波数である場合に、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が第 2 高調波の周波数であると判断できる理由は、第 1 候補周波数  $f_{\min}$  が第 1 高調波であるとすると、ピッチは 240（回/分）より高くなり、現実的な値とならないからである。

ステップ 3 の判別において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 120（回/分）未満の周波数を有している場合には、ピッチ演算部 410 は、第 1 体動センサ 401 および第 2 体動センサ 405 の出力信号に基づいて、体動が強いかなんかを判別する（ステップ S4）。

ステップ S4 の判別において、体動が強い、すなわち、走行時である場合には、ピッチ演算部 410 は、第 1 候補周波数  $f_{\min}$  が第 1 高調波であると判別し、ピッチは第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  の二倍に等しいとして処理を終了する（ステップ S5）。

#### 【0026】

ステップ S4 の判別において、体動が弱い、すなわち、歩行時である場合には

、信号特定部 411 は、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 75 (回/分) より高い周波数を有しているか否かを判別する (ステップ S6)。

ステップ S6 の判別において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 75 (回/分) より高い周波数である場合には (ステップ S3; Yes)、信号特定部 411 は、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  は、第 2 高調波の周波数であると判断できる。この結果、ピッチは第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  に等しいとし処理を終了する (ステップ S7)。この場合において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 75 (回/分) より高い周波数である場合に、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が第 2 高調波の周波数であると判断できる理由は、第 1 候補周波数  $f_{\min}$  が第 1 高調波であるとする、ピッチは 150 (回/分) より高くなり、現実的な値とならないからである。

ステップ 6 の判別において、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が 75 (回/分) 未満の周波数を有している場合には、ピッチ演算部 410 は、第 1 候補周波数  $f_{\min}$  が第 1 高調波であると判別し、ピッチは第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  の二倍に等しいとして処理を終了する (ステップ S5)。

#### 【0027】

図 22 はピッチと加速度の強さの関係説明図である。

図 22 に示すように腕振りの振幅が同じである場合には、ピッチが早いほど加速度出力は強くなる。

このことから、加速度が  $K_1$  以下の場合には、ピッチは、 $P_{t1}$  以下であることがわかる。

図 23 は第 1 高調波と加速度の強さの関係説明図である。

また図 23 に示すように第 1 高調波の周波数と加速度の強さとの関係にも同様のことが言え、加速度の強さが  $K_1$  以下であるならば、第 1 高調波の周波数は、 $f_1$  以下であるということが言える。

言い換えれば、加速度の強さが  $K_1$  以下の場合には、第 1 高調波の周波数が  $f_1$  以上になることはない。

#### 【0028】

従って、第 1 高調波候補周波数  $f_{\min}$  が  $f_1$  以上になったならば、第 1 高調波

候補周波数  $f_{\min}$  は、第 2 高調波の周波数であると言える。

以上の説明のように、本第 1 実施形態によれば、走行時および歩行時を区別することなく正確にピッチを計測できるとともに、走行時と歩行時とで切換操作がいらないのでユーザの手間を低減することができる。

## 〔2〕第 2 実施形態

本第 2 実施形態は、上記第 1 実施形態においては、各体動センサ毎に周波数分析処理 (FFT) を行っていたのを、両体動センサの出力信号を合成してから周波数分析を行うことにより処理手順を簡略化する場合の実施形態である。

図 24 は第 2 実施形態のピッチ検出装置の概要構成ブロック図である。

ピッチ検出装置 500 は、大別すると、第 1 体動センサ 501、体動信号変換部 502、体動信号記憶部 503、体動信号演算部 504、第 2 体動センサ 505、体動成分抽出部 506、ピッチ演算部 507 および液晶表示装置 508 を備えている。

### 【0029】

第 1 体動センサ 501 は、上述した第 1 加速度センサ A に相当するものである。

図 25 に第 2 実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図を示す。

体動信号変換部 502 は、大別すると、信号合成部 512 と、信号増幅部 513 と、A/D 変換部 514 と、を備えている。

信号合成部 512 は、第 1 体動センサ 501 および第 2 体動センサ 505 の出力信号を加算して合成し、体動合成信号として信号増幅部 513 に出力する。

信号増幅部 513 は、合成された第 1 体動センサ 501 および第 2 体動センサ 505 の出力信号の信号レベルを所定レベル以上とすべく増幅処理を行って A/D 変換部 514 へと出力する。

A/D 変換部 514 は、入力された信号レベルが所定レベル以上とされた体動合成信号のアナログ/デジタル変換を行って、体動信号記憶部 503 に体動信号データとして出力する。

### 【0030】

本第 2 実施形態によれば、体動信号演算部 504 は、第 1 体動センサ 501 お

よび第2体動センサ505に対応する体動合成信号の周波数分析（例えば、FFT）を行えばよいので、周波数分析処理量を低減することができ、演算時間の短縮化、ひいては、消費電力の低減化を図ることができる。

上記説明においては、信号合成部512を別途設けるような構成としていたが、単純に第1体動センサ501および第2体動センサ505の出力端子を単に電気的に接続する構成とすることも可能である。

#### 【0031】

#### [3] 第3実施形態

本第3実施形態は、第2実施形態と同様に、二つの体動センサの出力信号を合成するに先立って、二つの出力信号の増幅処理における増幅率を異ならせて一方の出力信号に他方の出力信号が埋もれてしまうのを防止する場合の実施形態であり、さらに二つの体動センサの出力信号の振幅範囲を同一にする場合の実施形態である。

図26は第3実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図である。

体動信号変換部550は、第2実施形態の体動信号変換部502に代えて用いられるものである。

体動信号変換部550は、大別すると、第1信号増幅部551と、第1A/D変換部552と、第2信号増幅部553と、第2A/D変換部554と、前処理演算部555と、を備えている。

#### 【0032】

第1信号増幅部551は、第1体動センサ501の出力信号を所定倍率で増幅し、第1増幅信号として第1A/D変換部552に出力する。

第1A/D変換部552は、第1増幅信号のアナログ/デジタル変換を行って、前処理演算部555に第1体動信号データとして出力する。

第2信号増幅部553は、第2体動センサ505の出力信号を所定倍率で増幅し、第2増幅信号として第2A/D変換部554に出力する。

第2A/D変換部554は、第2増幅信号のアナログ/デジタル変換を行って、前処理演算部555に第2体動信号データとして出力する。

前処理演算部555は、第1体動信号データおよび第2体動信号データに基づ

いて、所定期間内における第1体動信号データに対応する第1体動信号の振幅範囲および第2体動信号データに対応する第2体動信号の振幅範囲が等しくなるように最大振幅が一致するように処理を行ってから、合成を行う。

#### 【0033】

すなわち、前処理演算部555は、図27および図28に示すように、時刻 $t$ における第1体動信号データを $A(t)$ 、第2体動信号データを $B(t)$ とした場合に、第1体動信号データ $A(t)$ および第2体動信号データ $B(t)$ に対応する第1体動信号および第2体動信号の最大振幅が一致するようにした上で、図29に示すように、両信号を合成したものに相当する次式で表される合成体動信号データ $C(t)$ を求める。

$$C(t) = [ |A(t) + (a/b) \cdot B(t)| ] / d$$

#### 【0034】

ここで、 $d$ は最大振幅を制限するための変数であり、合成体動信号データ $C(t)$ に対応する合成体動信号の振幅を元の第1体動信号データ $A(t)$ あるいは第2体動信号データ $B(t)$ の許容最大振幅と一致させる場合には、 $d=2$ とすればよい。

従って、本第3実施形態の構成によれば、手の振りが弱い歩行時などのように歩行時の第1高調波を検出する体動センサ（第1体動センサ）の出力信号が走行時の第1高調波を検出する体動センサ（第2体動センサ）の出力信号に埋もれてしまうのを防止でき、確実に歩行時に体動成分を検出することができる。従って、確実にピッチを検出することも可能となる。

#### 【0035】

#### 〔4〕第4実施形態

本第4実施形態は、第2実施形態と同様に、二つの体動センサの出力信号を合成するに先立って、二つの出力信号の増幅処理における増幅率を異ならせて一方の出力信号に他方の出力信号が埋もれてしまうのを防止する場合の実施形態である。

図30は第4実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図である。

体動信号変換部600は、第2実施形態の体動信号変換部502に代えて用い

られるものである。

体動信号変換部 600 は、大別すると、第 1 信号増幅部 601 と、第 2 信号増幅部 602 と、信号合成部 603 と、A/D 変換部 604 と、を備えている。

第 1 信号増幅部 601 は、第 1 体動センサ 501 の出力信号の信号レベルを第 1 の所定レベル  $L1$  以上とすべく増幅処理を行って第 1 増幅信号として信号合成部 603 に出力する。一方、第 2 信号増幅部 602 は、第 2 体動センサ 505 の出力信号のレベルを第 2 の所定レベル  $L2$  以上とすべく増幅処理を行って第 2 増幅信号として信号合成部 603 に出力する。

#### 【0036】

この場合において、第 1 の所定レベル  $L1$  は第 2 の所定レベル  $L2$  に対し、

$$L1 > L2$$

の関係にする。これは、手の振りが弱い歩行時に、第 1 体動センサ 501 の出力信号レベルが、第 2 体動センサ 505 の出力信号レベルよりも低くなってしまい、第 1 高調波の成分が第 2 高調波の成分に埋もれてしまう可能性があるからである。

信号合成部 603 は、第 1 増幅信号および第 2 増幅信号を合成し、体動合成増幅信号として A/D 変換部 604 に出力する。

A/D 変換部 604 は、入力された体動合成増幅信号のアナログ/ディジタル変換を行って、体動信号記憶部 503 に体動信号データとして出力する。

本第 4 実施形態によれば、体動が少ない（加速度が小さい）場合、例えば、歩行時のように動作が不安定であり加速度センサの出力が元々小さい動作の場合に歩行時側の加速度センサの出力が大きくなるようにしているため、他方の加速度センサ（走行時側の加速度センサ）のノイズの影響を受けにくくなり、確実に第 1 高調波を検出することが可能となる。

#### 【0037】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、どのような歩行あるいは走行を行っても体動検出を精度良く行える。

この結果、検出精度が良く信頼性の高いピッチ検出が行える。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

ピッチ検出時の加速度センサの出力信号のFFT分析結果の説明図である。

**【図 2】**

第1加速度センサおよび第2加速度センサの配置例の説明図である。

**【図 3】**

歩行時に加速度センサの感度方向を腕の軸方向と略垂直方向として配置した場合の加速度センサの配置説明図である。

**【図 4】**

感度方向を腕の軸方向と略垂直方向として加速度センサを配置した場合の動作状態説明図である。

**【図 5】**

図4の状態で加速度センサを動作させた場合の加速度センサの出力信号の説明図である。

**【図 6】**

歩行時に加速度センサの感度方向を腕の軸方向とした場合の加速度センサの配置説明図である。

**【図 7】**

感度方向を腕の軸方向とした場合の動作状態説明図である。

**【図 8】**

図7の状態で加速度センサを動作させた場合の加速度センサの出力信号の説明図である。

**【図 9】**

腕を下に垂らした状態で足踏み動作を行った場合の加速度センサの出力信号波形である。

**【図 10】**

走行時の加速度センサの配置説明図である。

**【図 11】**

第1実施形態の腕時計型情報機器（ピッチ計）の装置本体の平面図である。



## 【図 1 2】

第 1 実施形態のピッチ検出装置の概要構成ブロック図である。

## 【図 1 3】

腕振りが弱い場合の歩行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 4】

腕振りが弱い場合の歩行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 5】

足踏みが弱く腕振りが強い場合の歩行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 6】

足踏みが弱く腕振りが強い場合の歩行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 7】

腕振りが弱い場合の走行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 8】

腕振りが弱い場合の走行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 1 9】

足踏みが弱く腕振りが強い場合の走行時における第 1 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 2 0】

足踏みが弱く腕振りが強い場合の走行時における第 2 体動センサの出力信号の周波数解析結果である。

## 【図 2 1】

第 1 実施形態のピッチ算出処理フローチャートである。

## 【図 2 2】

ピッチと加速度の強さの関係説明図である。

【図 2 3】

第 1 高調波と加速度の強さの関係説明図である。

【図 2 4】

第 2 実施形態のピッチ検出装置の概要構成ブロック図である。

【図 2 5】

第 2 実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図を示す。

【図 2 6】

第 3 実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図である。

【図 2 7】

第 3 実施形態の動作説明図（その 1）である。

【図 2 8】

第 3 実施形態の動作説明図（その 2）である。

【図 2 9】

第 3 実施形態の動作説明図（その 3）である。

【図 3 0】

第 4 実施形態の体動信号変換部の概要構成ブロック図である。

【図 3 1】

従来のピッチ計における体動信号および体動信号を矩形波変換した後の波形図である。

【図 3 2】

従来のピッチ計における問題点を説明するための図である。

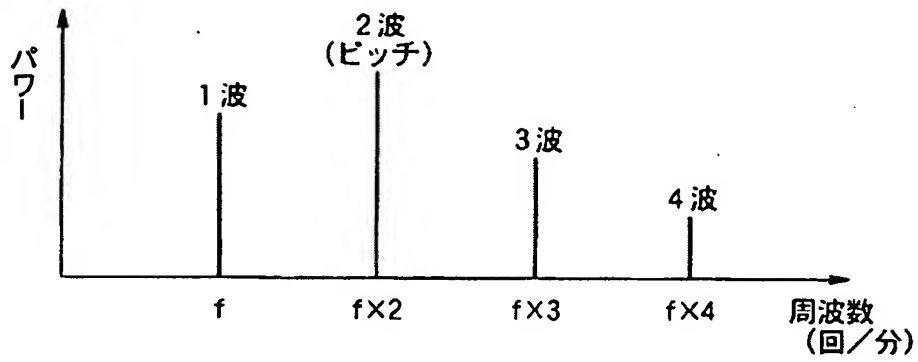
【符号の説明】

1…腕時計型情報機器（ピッチ計、腕時計型情報処理装置）、5…制御部、10…装置本体、12…リストバンド、13…液晶表示装置、401…第1体動センサ、402…第1体動信号変換部、403…第1体動信号記憶部、404…第1体動信号演算部、405…第2体動センサ、407…第2体動信号記憶部、408…第2体動信号演算部、409…体動成分抽出部、410…ピッチ演算部（信号特定部、信号補正部、ピッチ演算部）、411…信号特定部、412…信号

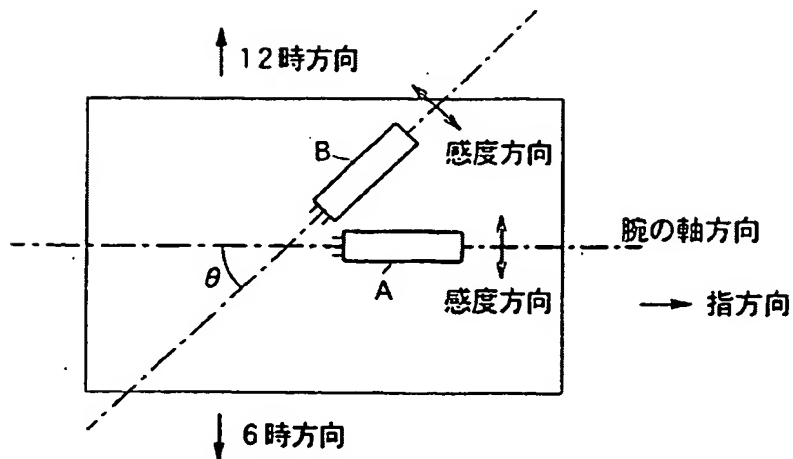
補正部、413…ピッチ算出部（ピッチ演算部）501…第1体動センサ、502…体動信号変換部、503…体動信号記憶部、504…体動信号演算部、505…第2体動センサ、506…体動成分抽出部、507…ピッチ演算部（信号特定部、信号補正部、ピッチ演算部）、508…液晶表示装置、509…信号特定部、510…信号補正部、511…ピッチ算出部（ピッチ演算部）、512…合成部、513…信号増幅部、514…A/D変換部、551…第1信号増幅部、552…第1A/D変換部、553…第2信号増幅部、554…第2A/D変換部、555…前処理演算部、601…第1信号増幅部、602…第2信号増幅部、603…合成部、604…A/D変換部。

【書類名】 図面

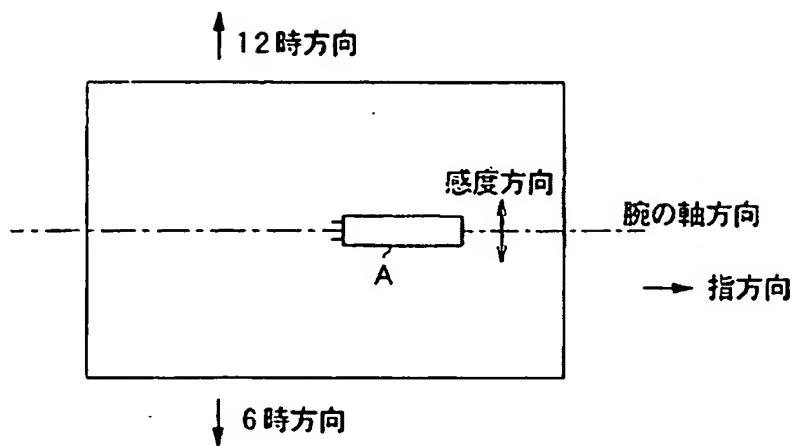
【図 1】



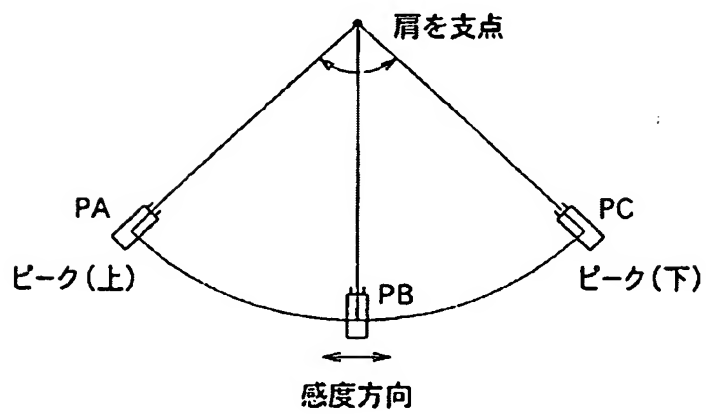
【図 2】



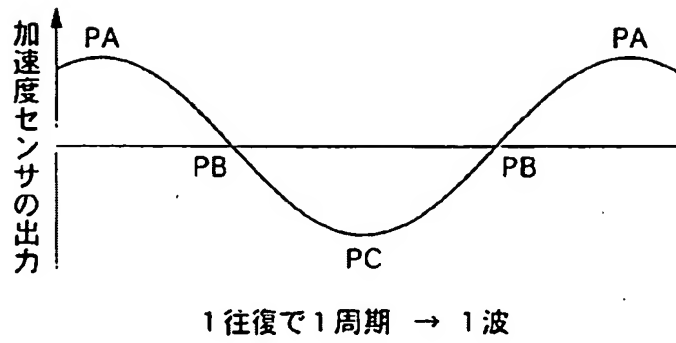
【図 3】



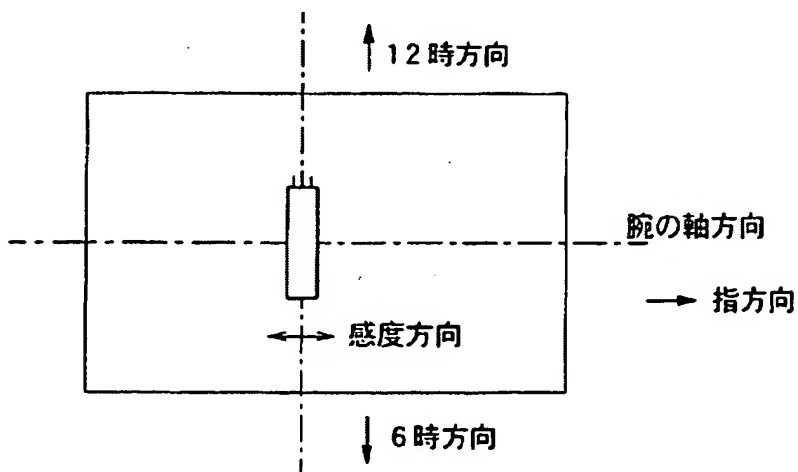
【図 4】



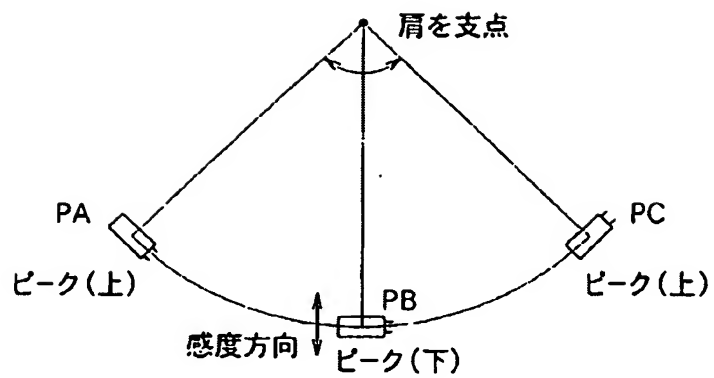
【図5】



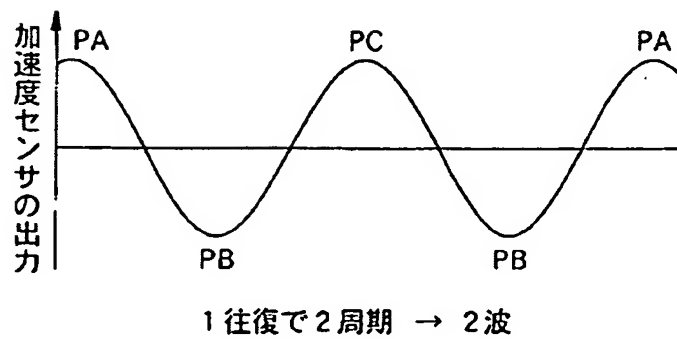
【図6】



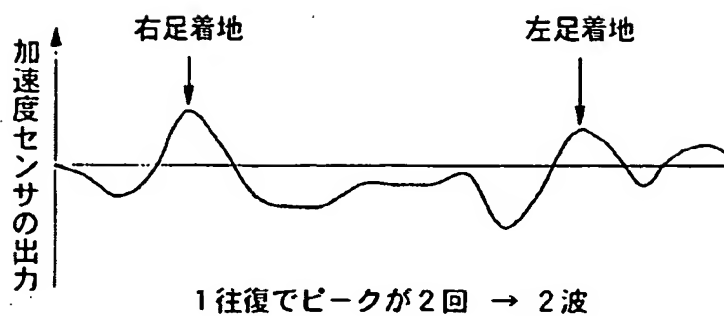
【図7】



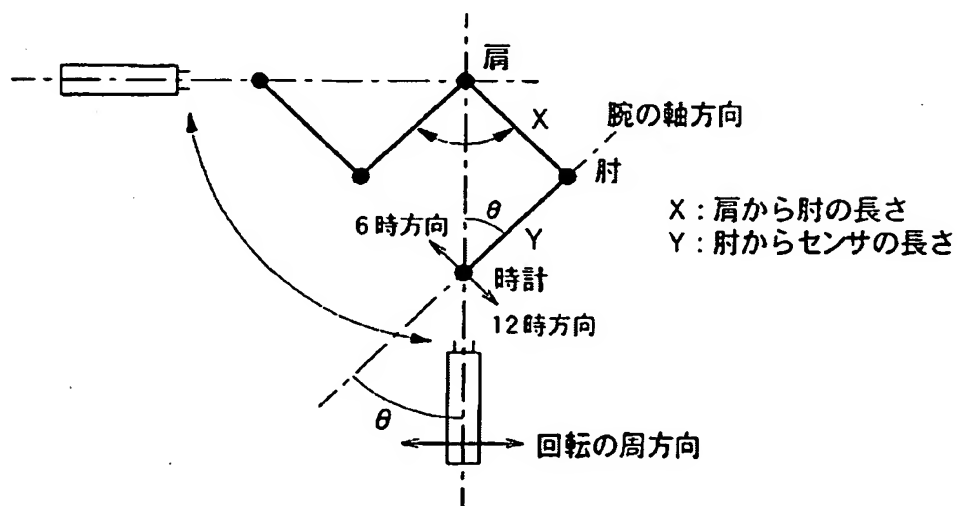
【図8】



【図9】

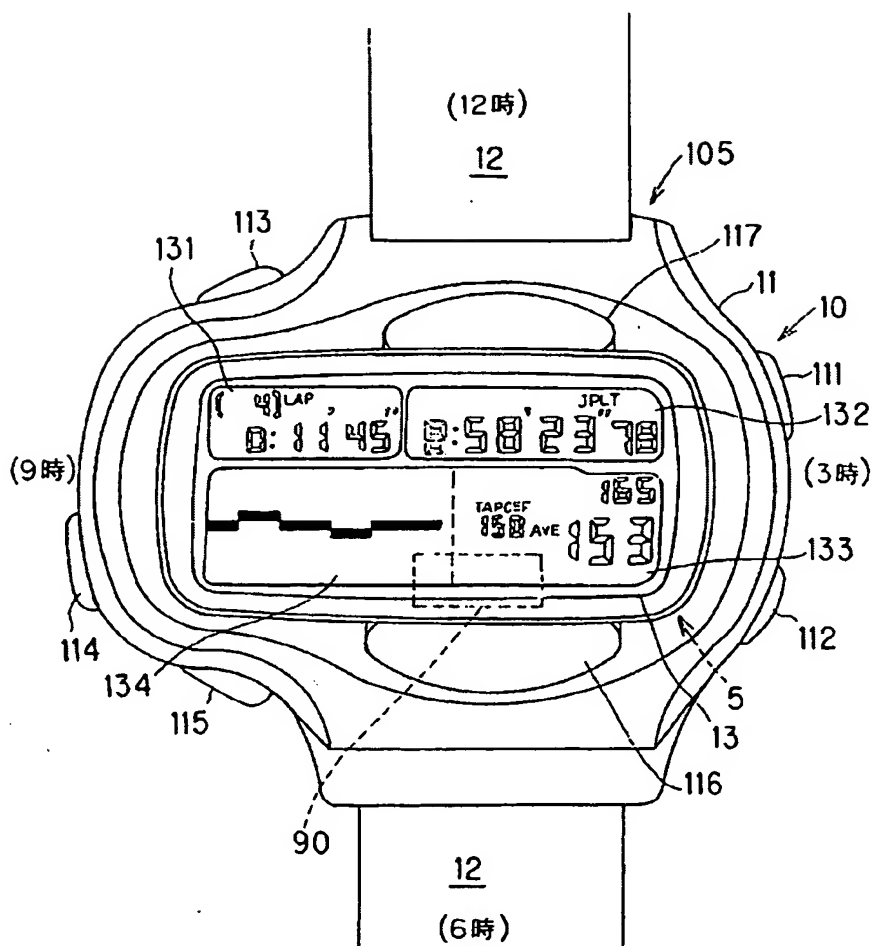


【図 10】

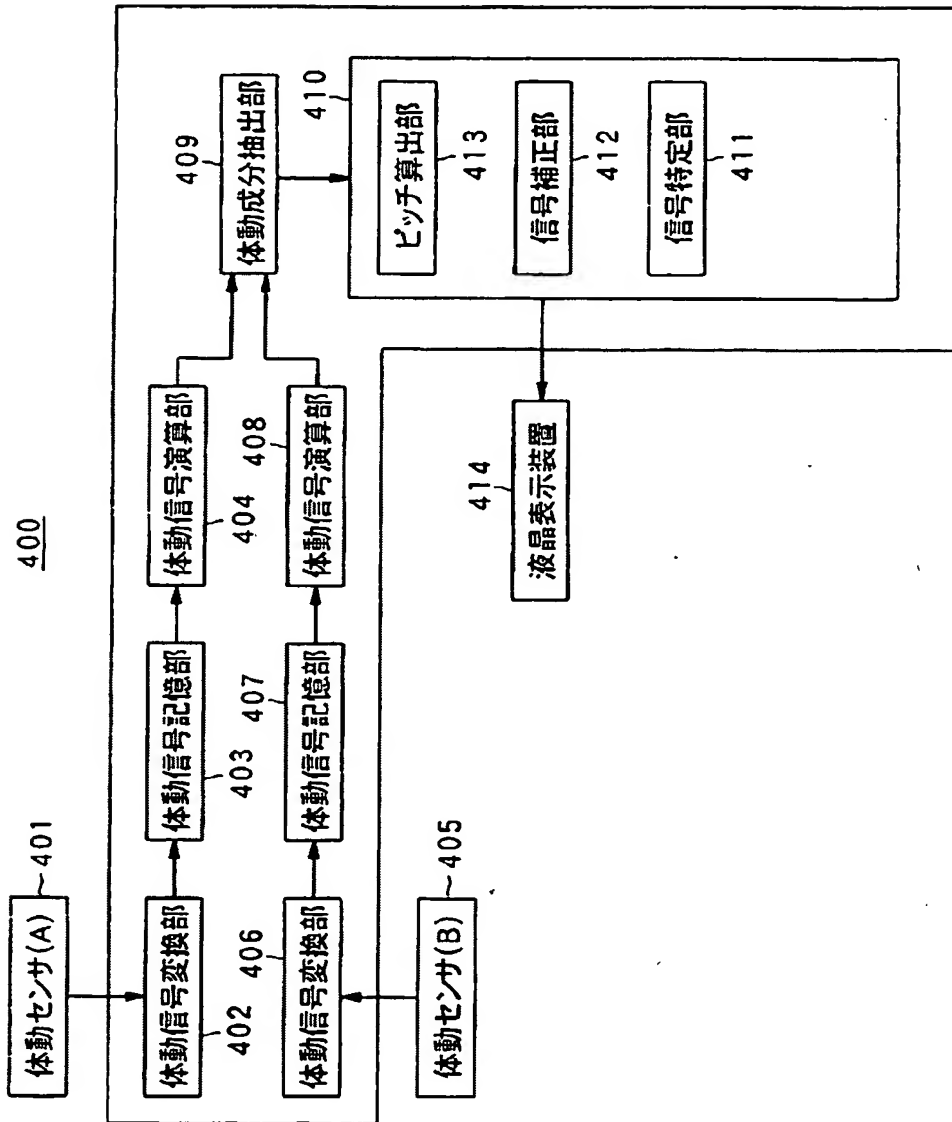




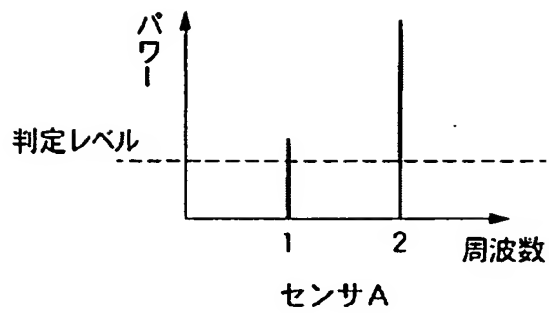
【図11】



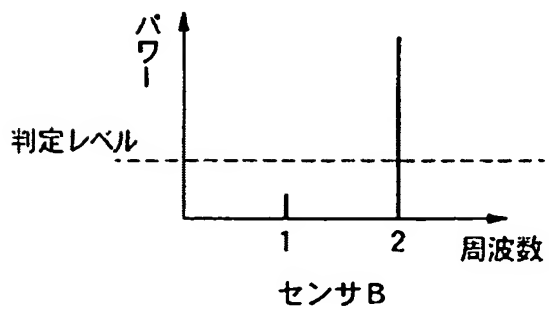
【図12】



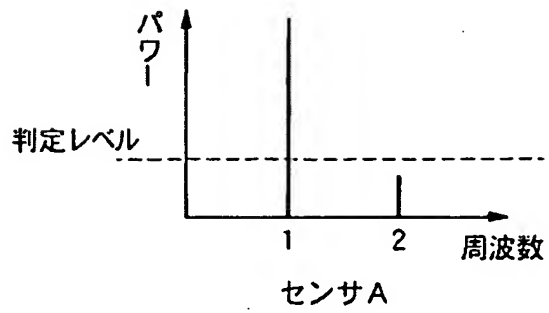
【図 13】



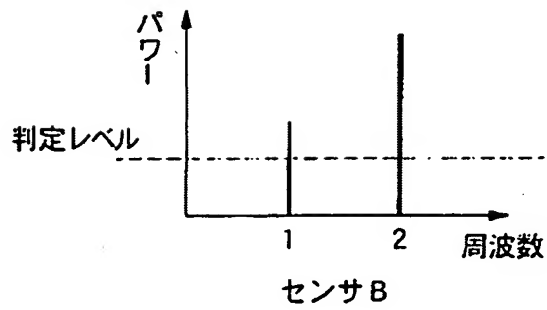
【図 14】



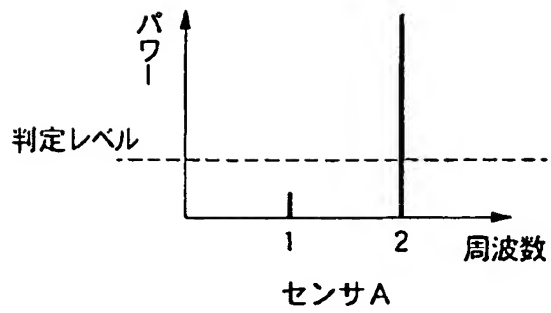
【図 15】



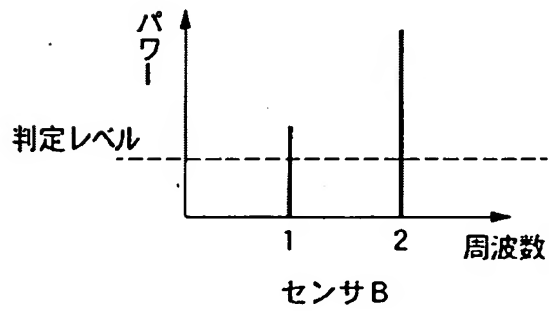
【図 16】



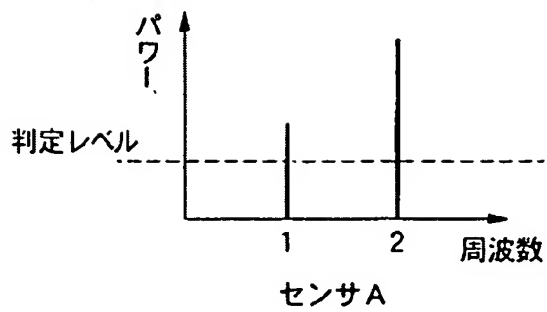
【図 17】



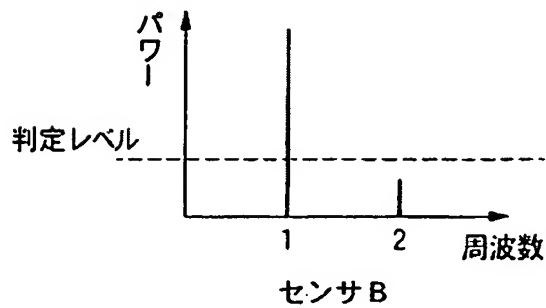
【図 18】



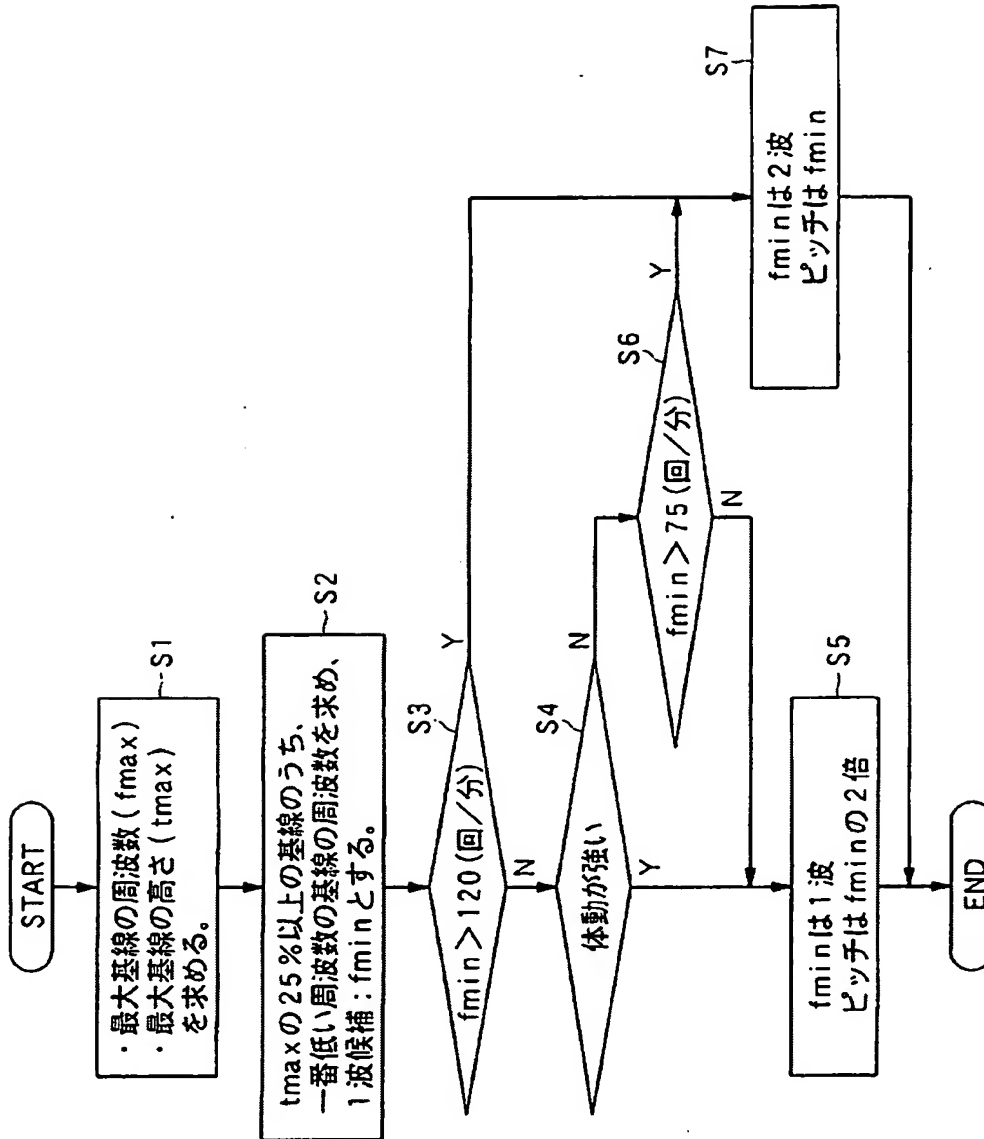
【図 19】



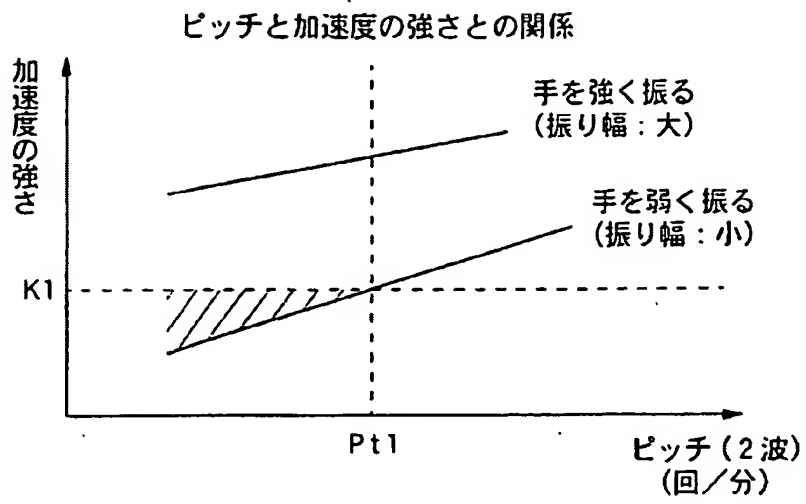
【図 20】



【図 21】

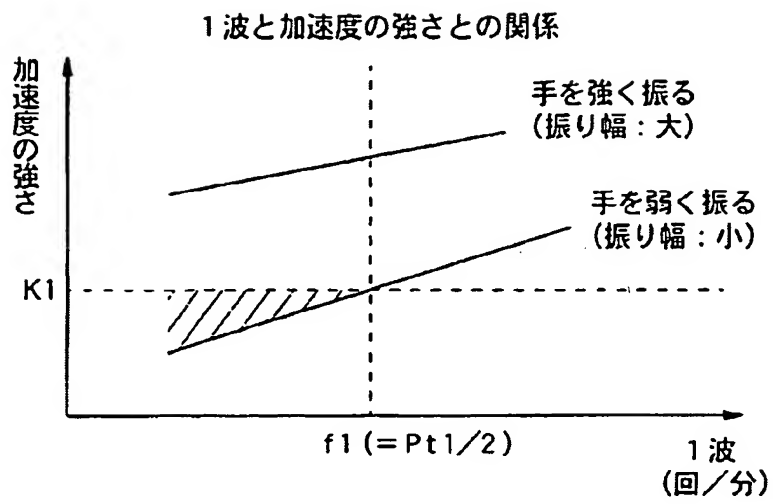


【図 22】

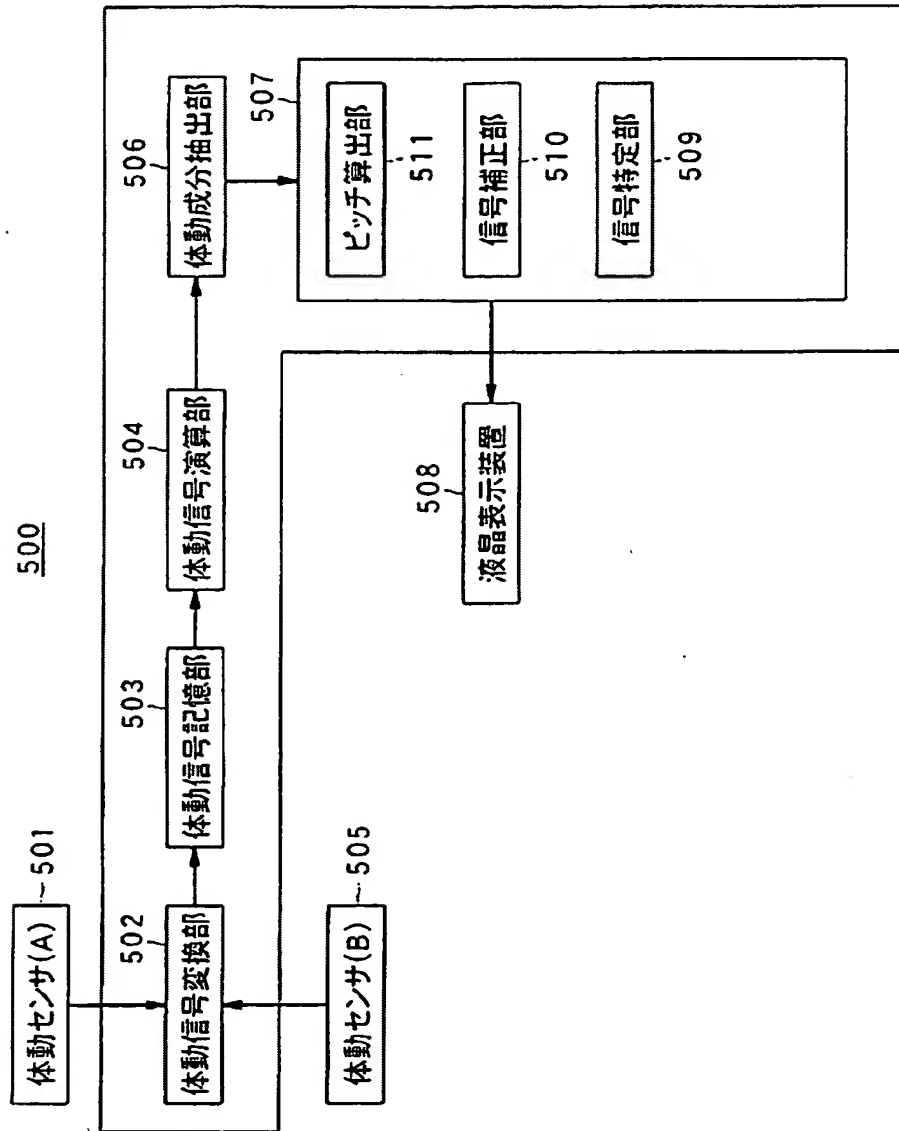




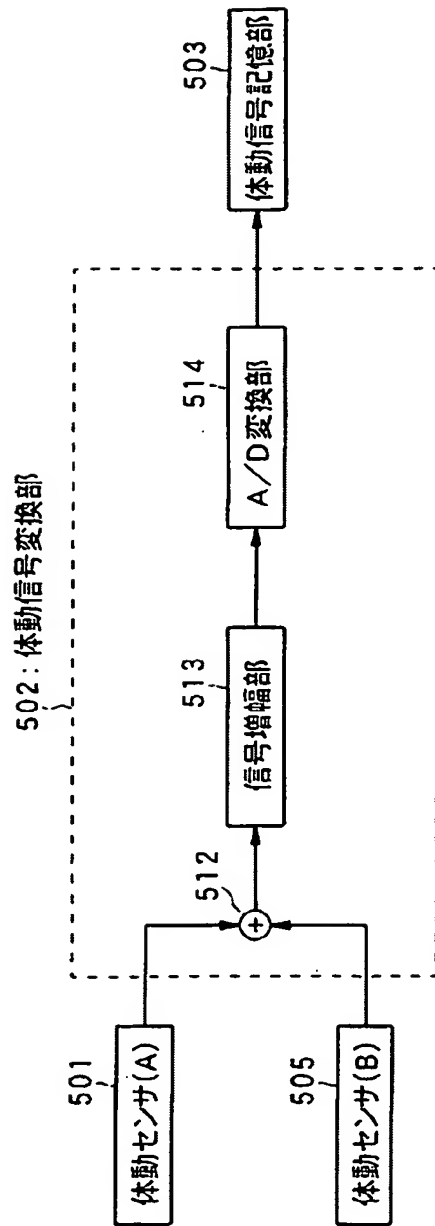
【図 23】



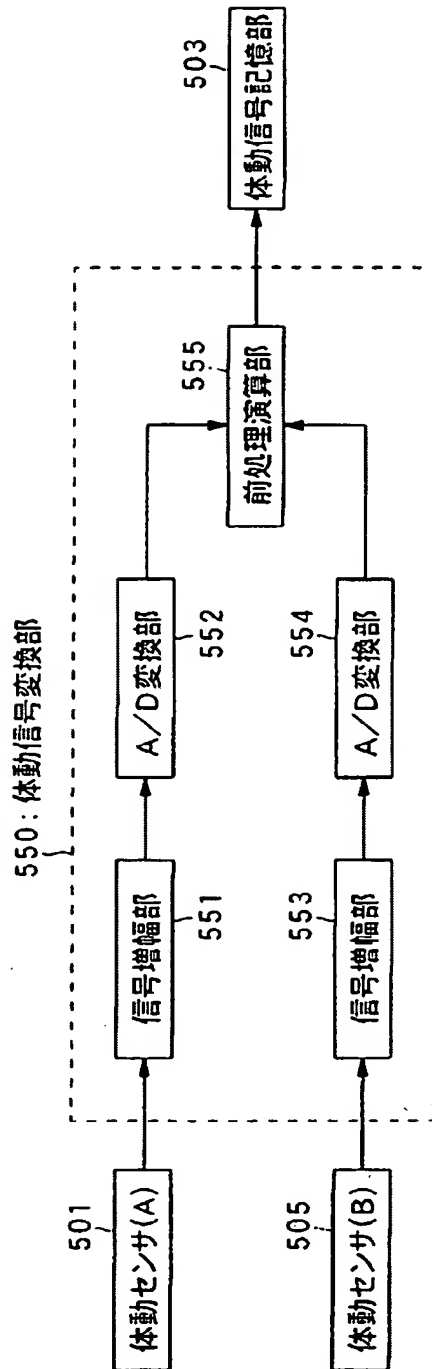
【図 24】



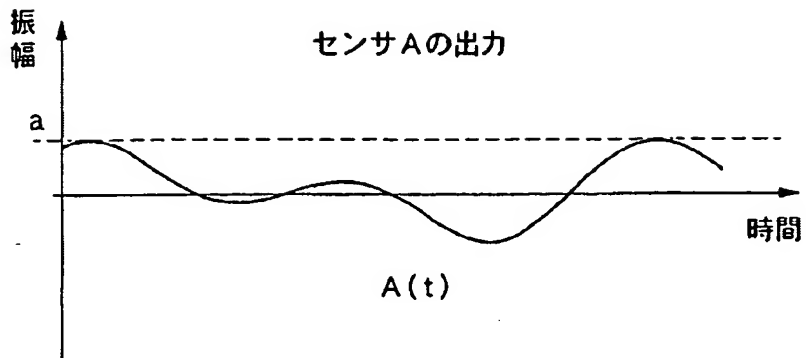
【図 25】



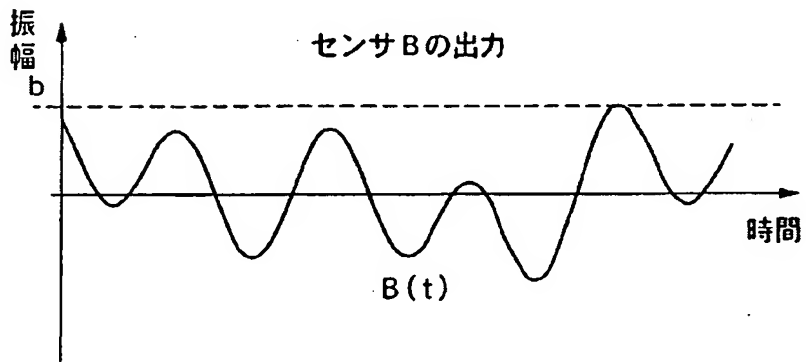
【図26】



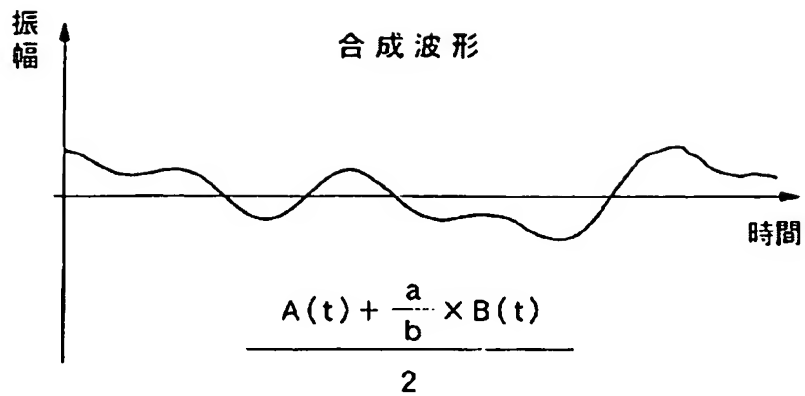
【図 27】



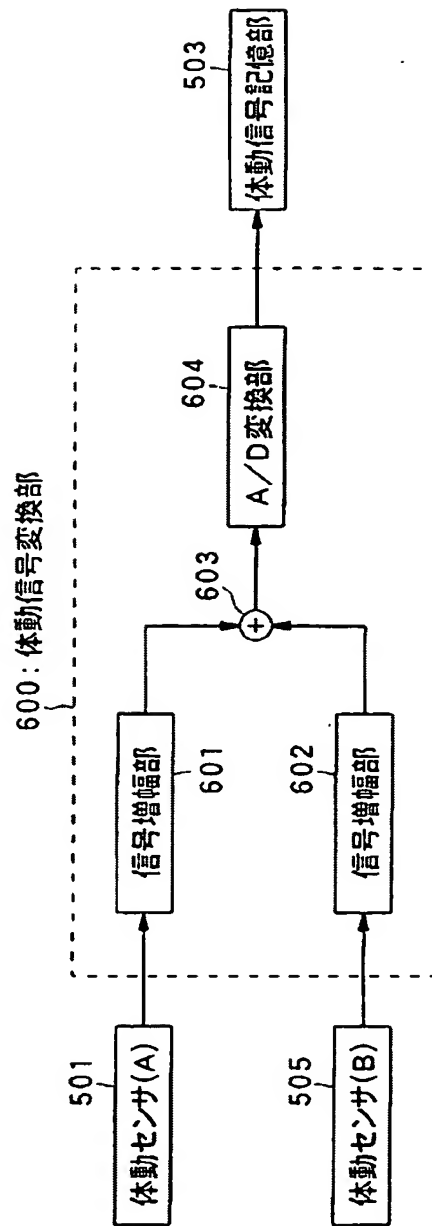
【図 28】



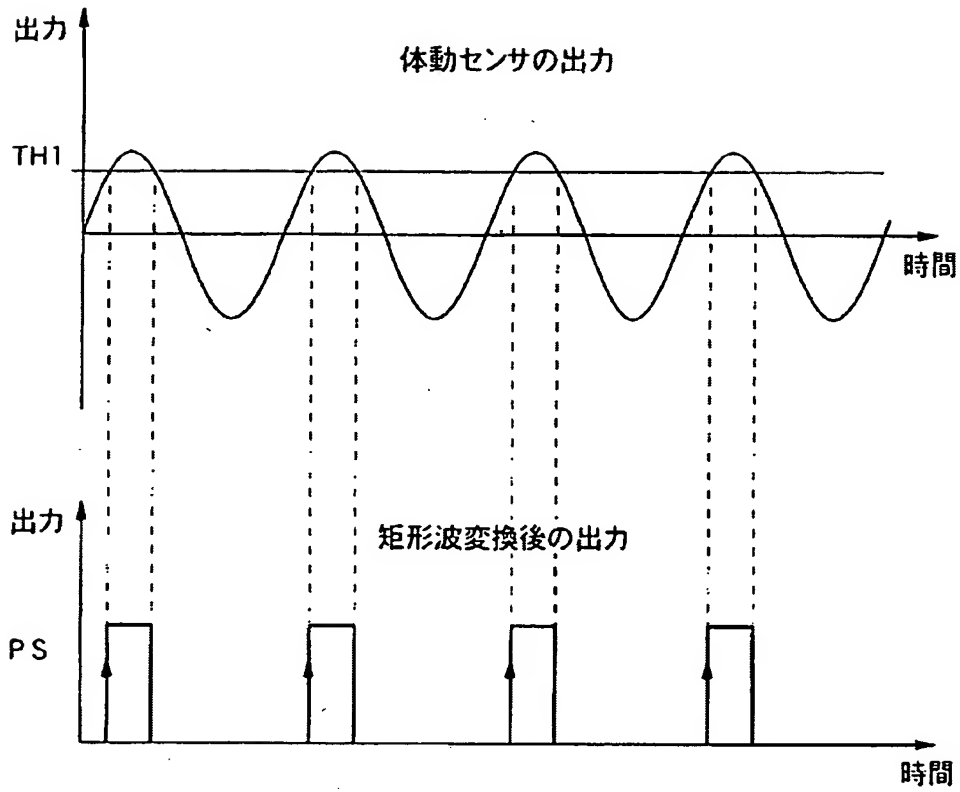
【図 29】



【図30】

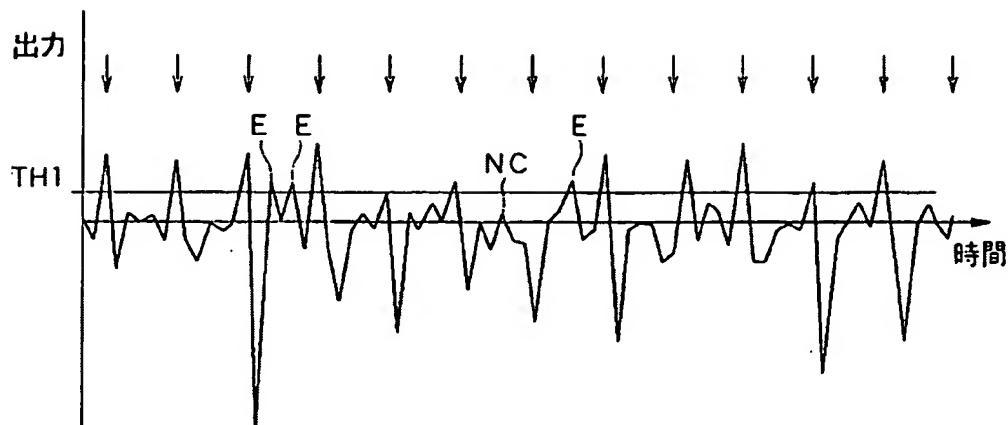


【図 31】





【図 32】



E : 誤カウントされる  
NC : カウントされない

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 走行時及び歩行時のいずれにおいてもピッチを計測でき、しかも、走る場合と歩く場合との間で条件設定を切り換えるための外部操作を不必要とする。

【解決手段】 第1加速度センサAは、人体への装着時に主として歩行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第1体動信号を体動成分抽出部に出力する。第2加速度センサBは、装着時に主として走行時の腕の動きに起因する加速度を検出可能な位置に設けられ第2体動信号を体動成分抽出部に出力する。これらにより、体動成分抽出部は、第1体動信号および第2体動信号に基づいて体動成分を抽出する。

【選択図】 図1

特願2003-061781

出願人履歴情報

識別番号

[000002369]

1. 変更年月日

1990年 8月20日

[変更理由]

新規登録

住所

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

氏名

セイコーエプソン株式会社